ISSN: 2358-8829

MODELAGEM E IMPRESSÃO 3D NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR: PROTAGONISMO DISCENTE, PROMOÇÃO DE INCLUSÃO E SAÚDE NO ENSINO FUNDAMENTAL E NO ENSINO MÉDIO

Júlio Panzera Gonçalves [1]
Bianca Pereira Ávila [2]
Lívia Maria Venâncio Neves [3]
Celiane Vieira do Nascimento Lira [4]
Cleida Aparecida de Oliveira [5]

INTRODUÇÃO

O ambiente escolar envolve múltiplos desafios que exigem práticas pedagógicas capazes de responder à diversidade dos estudantes e às demandas contemporâneas da educação (DIAS *et al.*, 2024; KALOGERATOS *et al.*, 2023). Entre esses desafios estão a construção de ambientes educacionais inclusivos, e especialmente, a promoção do protagonismo discente. Nesse contexto, torna-se importante desenvolver práticas pedagógicas que promovam a participação ativa dos estudantes na investigação de problemas, na tomada de decisões e na construção de conhecimentos e de soluções (FREIRE, 2000). Essa perspectiva ganha particular relevância diante da necessidade de aproximar os conteúdos escolares de questões relacionadas à vida cotidiana e à formação para a cidadania dos discentes, entre as quais se encontra a educação em saúde.

No ensino de Biologia Celular, a educação em saúde pode ser articulada ao estudo de conteúdos científicos relacionados às Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST), possibilitando abordar características morfológicas dos agentes causadores, formas de transmissão e medidas de prevenção. Essa articulação aproxima conhecimentos de

[1] Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, juliopanzera@ufmg.br;
[2] Aluna do Ensino Médio da Escola Estadual “Cônego Osvaldo Lustosa” - EECOL; biancaavila2112j@gmail.com;
[3] Aluna do Ensino Médio da Escola Estadual “Cônego Osvaldo Lustosa” - EECOL; ivy.venancio117@gmail.com;
[4] Mestre pelo PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, celybiologia1@gmail.com;
[5] Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Fisiologia e Farmacologia) da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, cleida@icb.ufmg.br.

Biologia Celular e Microbiologia de questões relacionadas à saúde individual e coletiva dos estudantes (BRASIL, 2018). O estudo de células e microrganismos também envolve estruturas que não podem ser observadas diretamente em situações cotidianas, tornando necessárias diferentes formas de representação de suas características e organização (REINKE; KYNN; PARKINSON, 2021). Entre essas possibilidades encontram-se os modelos tridimensionais (3D), que permitem representar aspectos morfológicos e espaciais de estruturas biológicas (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000).

REFERENCIAL TEÓRICO

Modelos e representações no ensino de Biologia Celular

Na educação científica, os modelos constituem recursos utilizados para representar objetos, sistemas, fenômenos e processos, possibilitando a exploração de características e relações que contribuem para sua compreensão. Sua construção está relacionada a finalidades específicas de investigação, comunicação e aprendizagem, e diferentes modelos podem representar aspectos distintos de um mesmo objeto ou fenômeno (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000). No ensino de Biologia, os modelos podem assumir diferentes formas e utilizar diferentes linguagens e recursos, de acordo com os conteúdos e objetivos educacionais envolvidos.

O estudo de estruturas celulares e de microrganismos envolve diferentes formas de representação, entre as quais estão esquemas, desenhos, fotografias e imagens microscópicas (REINKE; KYNN; PARKINSON, 2021). Esses recursos permitem representar características não diretamente observáveis e contribuir para a construção de conhecimentos sobre os objetos estudados. Entre eles, os modelos 3D acrescentam uma dimensão espacial às representações biológicas, possibilitando explorar aspectos como forma, volume, proporções e organização das estruturas.

Modelagem 3D e inclusão

Os modelos 3D podem constituir uma alternativa relevante para ampliar as possibilidades de aprendizagem de estudantes com deficiência visual, especialmente por permitirem a exploração tátil de características espaciais das estruturas representadas (ANĐIĆ *et al.*, 2024; MICHELOTTI; LORETO, 2019). Essa possibilidade amplia as formas de acesso a conteúdos relacionados a estruturas celulares e microscópicas,

ISSN: 2358-8829

frequentemente apresentados por meio de representações bidimensionais, como esquemas, desenhos, fotografias e imagens microscópicas, cuja exploração depende predominantemente de recursos visuais (REINKE; KYNN; PARKINSON, 2021).

Nesse contexto, o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) pode orientar o planejamento de recursos e estratégias pedagógicas que considerem, desde sua concepção até a necessidade de diferentes formas de acesso aos conteúdos. Seus princípios favorecem a construção de ambientes de aprendizagem mais flexíveis, nos quais os recursos e as estratégias podem atender simultaneamente a diferentes necessidades (EDYBURN, 2021). Assim, a acessibilidade não se restringe à adaptação de materiais para estudantes com deficiência, mas pode ser incorporada ao próprio planejamento dos recursos didáticos, visando atender a todos os estudantes.

Educação em saúde e IST

A educação em saúde constitui uma dimensão relevante da formação dos estudantes, especialmente quando possibilita relacionar conhecimentos científicos a situações concretas que envolvem o cuidado individual e coletivo. No ensino de Biologia, a abordagem das IST permite articular conhecimentos sobre células, microrganismos e processos biológicos a questões relacionadas à prevenção e à saúde. Essa perspectiva está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que contemplam a reprodução, a sexualidade e o cuidado com a saúde. O documento enfatiza a formação dos estudantes para compreender as transformações próprias da adolescência e desenvolver atitudes de autocuidado, respeito e responsabilidade relacionadas à saúde, incluindo suas dimensões sexual e reprodutiva. Especificamente, a habilidade EF08CI10 estabelece a abordagem de aspectos relacionados às IST, incluindo sintomas, formas de transmissão, tratamento e estratégias de prevenção (BRASIL, 2018). Dessa forma, o ensino desses conteúdos pode contribuir para aproximar os conhecimentos científicos da realidade social e cultural dos estudantes, favorecendo a compreensão dos processos relacionados às IST e a construção de conhecimentos voltados à prevenção.

A EXPERIÊNCIA

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e analisar uma experiência formativa baseada em modelagem e impressão 3D de estruturas

celulares e microrganismos causadores de IST, a partir do protagonismo de estudantes da Educação Básica na proposição e desenvolvimento de recursos para a aprendizagem desta temática. Durante as aulas, o contato dos estudantes com conteúdos relacionados às estruturas celulares e aos microrganismos causadores de IST suscitou o interesse pela utilização da modelagem 3D como recurso para representar e compreender os conteúdos estudados. A partir desse interesse, a proposta foi ampliada e desenvolvida, com a mediação do professor orientador, no âmbito de uma Iniciação Científica Júnior, envolvendo estudantes do Ensino Fundamental e do Ensino Médio de duas escolas estaduais de Minas Gerais.

A experiência foi organizada em três fases articuladas. A primeira concentrou-se na formação dos estudantes e no desenvolvimento dos modelos 3D digitais, fundamentado nos princípios da Pesquisa em Design Educacional (PDE) e no Design Universal para a Aprendizagem (DUA). A segunda fase concentrou-se na adaptação dos modelos para impressão 3D, considerando características que possibilitassem sua exploração tátil e ampliassem as possibilidades de acesso por estudantes com deficiência visual. Os modelos impressos foram posteriormente utilizados na terceira fase do estudo, que consistiu na aplicação dos materiais desenvolvidos em turmas do Ensino Fundamental e do Ensino Médio e avaliação de sua utilização nas atividades pedagógicas.

Os resultados evidenciaram a viabilidade do desenvolvimento de modelos 3D de estruturas celulares e de microrganismos relacionados às IST, bem como sua adaptação e impressão com características voltadas à acessibilidade. A utilização dos modelos em atividades pedagógicas possibilitou explorar as estruturas representadas, favorecer a abordagem de conteúdos relacionados à Biologia Celular e à prevenção de IST e promover reflexões sobre inclusão e acessibilidade. A experiência também contribuiu para a formação científica e tecnológica dos estudantes envolvidos, que participaram das diferentes etapas do processo, desde a investigação e modelagem até a utilização pedagógica dos recursos produzidos.

METODOLOGIA

A seguir, são apresentados os procedimentos, ferramentas e estratégias utilizados em cada fase deste estudo. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da

Universidade Federal de Minas Gerais (CEP-UFMG), sob o protocolo CAAE 68680723.7.0000.5149.

Primeira fase: formação, investigação e desenvolvimento dos modelos 3D

A primeira fase da pesquisa contou com quatro bolsistas de Iniciação Científica Júnior de duas escolas estaduais de Minas Gerais: uma estudante do 9º Ano do Ensino Fundamental e um estudante do 1º Ano do Ensino Médio da Escola Estadual "Professor Bolivar de Freitas", em Belo Horizonte, e duas estudantes do 2º Ano do Ensino Médio da Escola Estadual "Cônego Osvaldo Lustosa", em São João del-Rei. Essa fase foi dedicada ao desenvolvimento dos modelos 3D e orientada pelos princípios da PDE, que compreende o desenvolvimento de recursos educacionais como um processo iterativo, no qual as etapas de análise, design, reflexão e refinamento são articuladas ao longo da pesquisa (MCKENNEY; REEVES, 2012; PLOMP; NIEVEEN, 2010; VAN DEN AKKER *et al.*, 2006).

Durante a análise e exploração do problema educacional, foram selecionados os tipos, as organelas e as estruturas celulares, bem como os microrganismos causadores de IST que seriam modelados. Nessa etapa, com base no estudo da morfologia, da organização e das características dos elementos selecionados, os estudantes utilizaram livros de Biologia Celular e materiais científicos como fontes para a construção das representações 3D.

A etapa de design teve início com o treinamento dos estudantes pelo professor orientador para a utilização de softwares de modelagem digital. A partir desse treinamento, os estudantes desenvolveram as representações, utilizando o software Nomad Sculpt (HEXANOMAD, 2024) em dispositivos compatíveis com caneta digital. Os procedimentos de modelagem foram adaptados de metodologias previamente desenvolvidas para a produção de recursos educacionais destinados ao ensino de Biologia Celular (PANZERA-GONÇALVES; OLIVEIRA, 2025, 2026).

A etapa de reflexão ocorreu de maneira integrada à etapa de design. Os modelos 3D foram analisados pelos bolsistas quanto à correspondência com as características morfológicas investigadas, à adequação aos objetivos educacionais e às possibilidades de utilização por diferentes perfis de estudantes, tendo como referência os princípios do DUA. A identificação de aspectos que necessitavam de ajustes conduziu à revisão das representações e ao seu posterior refinamento. Esse processo articulou investigação,

ISSN: 2358-8829

construção, análise e revisão, permitindo que os conhecimentos biológicos e as necessidades de acessibilidade orientassem as decisões de modelagem.

Segunda fase: adaptação e impressão dos modelos 3D

A segunda fase compreendeu a adaptação dos modelos digitais para a impressão 3D. Essa etapa foi necessária para ajustar as representações às características e limitações do processo de fabricação 3D e incorporar elementos de acessibilidade, tendo como referência os princípios do DUA. As adaptações foram realizadas pelos bolsistas no software Blender (BLENDER FOUNDATION, 2024) e envolveram ajustes na estrutura dos modelos, na definição de cores e texturas e na inclusão de legendas em Braille. As etapas de design, reflexão e refinamento da PDE foram retomadas ao longo do processo, à medida que os modelos eram analisados e novos ajustes se mostravam necessários para aperfeiçoar as peças e ampliar suas possibilidades de utilização.

Após as adaptações, os modelos foram preparados no software Bambu Studio (BAMBU LAB, 2024) para a impressão na Bambu Lab X1-Carbon, pertencente ao Laboratório de Biologia da Reprodução (LABRE), localizado no Departamento de Morfologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte.

Terceira fase: aplicação e avaliação dos modelos 3D digitais e impressos

A terceira fase consistiu na aplicação dos modelos 3D digitais e impressos durante as aulas de Ciências e Biologia. As atividades foram organizadas em grupos, nos quais os estudantes trabalharam de forma colaborativa, explorando os modelos e discutindo as estruturas representadas. Durante as atividades, os estudantes identificaram as estruturas representadas nos modelos 3D, analisaram suas características morfológicas e, no caso dos microrganismos causadores de IST, relacionaram sua morfologia às formas de infecção e transmissão. O professor atuou como mediador, orientando as discussões e acompanhando o desenvolvimento das atividades.

A aplicação dos modelos foi avaliada a partir da observação das atividades desenvolvidas pelos grupos, considerando a participação dos estudantes, a exploração dos modelos e as relações estabelecidas entre as representações 3D e os conteúdos trabalhados. Também foram analisadas as discussões realizadas durante as atividades, especialmente aquelas relacionadas às características morfológicas das estruturas

celulares e dos microrganismos causadores de IST e à sua relação com os processos de infecção e transmissão. Ao final das atividades, os estudantes responderam a um questionário de avaliação, contemplando aspectos relacionados à utilização dos modelos digitais e impressos, à exploração tátil e visual e às contribuições dos recursos para o estudo dos conteúdos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão são apresentados a partir das três fases que estruturaram a pesquisa, contemplando o desenvolvimento dos modelos 3D e o protagonismo discente, sua adaptação e impressão com recursos de acessibilidade e, por fim, sua aplicação e avaliação nas atividades pedagógicas.

Primeira fase: protagonismo discente na investigação e no desenvolvimento dos modelos 3D

Como resultados da primeira fase, foram produzidos 10 modelos 3D representativos de tipos, organelas e estruturas celulares (célula procariótica, célula eucariótica, mitocôndria, centríolo, ribossomo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, complexo de Golgi, cromossomo simples e cromossomo duplicado) e 4 modelos 3D representativos de microrganismos causadores de IST (papilomavírus humano – HPV, vírus da imunodeficiência humana – HIV, vírus da Zika – ZIKV e *Neisseria gonorrhoeae*, a bactéria causadora da gonorreia). A produção envolveu diretamente os bolsistas nas etapas de investigação, planejamento, modelagem e refinamento das representações.

A etapa de investigação permitiu aos bolsistas aprofundar conhecimentos sobre a morfologia, organização e características das estruturas celulares e dos microrganismos selecionados para a modelagem. No caso dos microrganismos causadores de IST, a pesquisa também contemplou aspectos relacionados à infecção, transmissão e prevenção, articulando conhecimentos de Biologia e Microbiologia à educação em saúde. Esses conhecimentos foram incorporados ao processo de desenvolvimento das representações, inicialmente para orientar a definição das características a serem modeladas e, posteriormente, para avaliar a correspondência dos modelos produzidos com os elementos biológicos investigados. Desse modo, a construção dos modelos envolveu não

apenas a aplicação de técnicas de modelagem digital, mas um processo de investigação, representação e análise das características biológicas que se pretendia comunicar por meio dos recursos 3D.

A etapa de design possibilitou aos bolsistas desenvolver habilidades de modelagem digital e transformar os conhecimentos biológicos investigados em representações tridimensionais. A definição das características a serem representadas, a análise dos modelos e os ajustes realizados ao longo do processo exigiram decisões relacionadas aos aspectos morfológicos e às finalidades educacionais dos recursos. Esse envolvimento na investigação, construção e aprimoramento dos modelos evidencia o protagonismo discente e aproxima a experiência da educação problematizadora e do ensino por investigação (CARVALHO, 2013; FREIRE, 2000).

Segunda fase: protagonismo discente na impressão 3D e acessibilidade dos modelos sob os princípios do DUA

Como resultados da segunda fase, foram impressos 6 modelos 3D representativos de organelas celulares (mitocôndria, centríolo, ribossomo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso e complexo de Golgi) e 4 modelos 3D representativos de microrganismos causadores de IST (HPV, HIV, ZIKV e *Neisseria gonorrhoeae*). Os modelos receberam adaptações de cor e textura e foram identificados com legendas em Braille, adaptações que se fizeram necessárias tanto para adequá-los ao processo de impressão quanto para incorporar características que favorecessem diferentes formas de interação com os recursos. Essas modificações foram definidas a partir da análise dos próprios estudantes, que retomaram as etapas de reflexão e refinamento da PDE para identificar necessidades e propor soluções para o aperfeiçoamento dos modelos.

Nesse processo, a preocupação com diferentes formas de interação orientou as decisões dos bolsistas e esteve alinhada aos princípios do DUA (EDYBURN, 2021). Essa perspectiva foi particularmente relevante diante da necessidade de ampliar o acesso aos modelos por estudantes com deficiência visual, que não poderiam explorar plenamente as características espaciais das representações em suas versões digitais. A impressão 3D permitiu incorporar a exploração tátil aos recursos, por meio das formas, relevos e texturas, enquanto as legendas em Braille contribuíram para ampliar as possibilidades de identificação e exploração das estruturas representadas. Dessa forma, os modelos foram concebidos para possibilitar sua utilização por estudantes com e sem deficiência visual,

permitindo diferentes formas de exploração de um mesmo recurso. O protagonismo discente também se expressou, portanto, na construção de soluções voltadas à acessibilidade e à ampliação das possibilidades de participação nas atividades.

Terceira fase: aplicação dos modelos 3D e percepção dos estudantes

Participaram da terceira fase 64 estudantes de três turmas de 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual "Cônego Osvaldo Lustosa", sendo 23 estudantes da turma 1.1, 17 da turma 1.2 e 24 da turma de 1º Ano do curso técnico concomitante em Mecatrônica. Entre os participantes, 43 (67,2%) identificaram-se como do gênero masculino e 21 (32,8%) como do gênero feminino. A idade variou entre 14 e 18 anos, com média de 15,1 anos, sendo predominante a idade de 15 anos (55 estudantes; 85,9%).

A análise qualitativa das atividades e das respostas dos estudantes ao instrumento de avaliação revelou percepções dos estudantes relacionadas à compreensão das estruturas biológicas, às relações entre morfologia e processos de infecção e transmissão das IST, às dificuldades conceituais e à utilização dos modelos como recursos didáticos. De modo geral, os estudantes destacaram a possibilidade de observar e manipular as estruturas como aspecto favorável à compreensão dos conteúdos, indicando que a exploração tridimensional contribuiu para tornar mais perceptíveis características morfológicas que, quando apresentadas exclusivamente por representações bidimensionais, podem permanecer abstratas. Resultados semelhantes foram observados em experiências com modelos 3D desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio, nas quais a manipulação dos materiais favoreceu a compreensão de estruturas biológicas e a participação nas atividades (RONCAGLIO; CRISOSTIMO; STANGE, 2020).

A utilização dos modelos 3D digitais e impressos também possibilitou estabelecer relações entre as características dos microrganismos e os processos de infecção e transmissão das IST, indicando que seu uso ultrapassou a identificação e visualização de estruturas biológicas. Nesse sentido, a manipulação e a análise dos modelos favoreceram a articulação entre características morfológicas e processos biológicos, permitindo que os estudantes ultrapassassem uma compreensão centrada na descrição das estruturas e estabelecessem relações entre estrutura, função, infecção e transmissão. Assim, os modelos assumiram uma função que foi além da materialização de estruturas microscópicas, constituindo recursos para a construção e discussão de explicações sobre os fenômenos estudados (JUSTI; GILBERT, 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo relatou uma experiência de desenvolvimento e utilização de modelos 3D para o ensino de estruturas celulares e de microrganismos causadores de IST, construída com a participação de estudantes da Educação Básica. A investigação, a modelagem, a análise e o refinamento dos modelos possibilitaram aos bolsistas desenvolver conhecimentos científicos e habilidades tecnológicas, além de participar de decisões e buscar soluções para os desafios encontrados, fortalecendo o protagonismo discente.

A utilização dos modelos favoreceu a observação e a exploração das estruturas biológicas, possibilitando relacionar suas características morfológicas aos processos de infecção e transmissão das IST. A experiência também aproximou o conhecimento científico da educação em saúde, especialmente nas discussões sobre prevenção e cuidado. As adaptações com diferentes cores, texturas e identificação em Braille evidenciaram, ainda, a importância de considerar a acessibilidade desde a construção dos recursos didáticos.

Assim, a modelagem e a impressão 3D mostraram-se possibilidades para articular conhecimentos científicos, tecnologia, educação em saúde e inclusão na Educação Básica. Para além de produzir modelos, o processo possibilitou aos estudantes investigar, criar, testar e refletir sobre os recursos construídos. Novas pesquisas poderão ampliar essas possibilidades, analisando suas contribuições para a aprendizagem, a participação, a inclusão e a promoção da saúde.

Palavras-chave: biologia celular, ist, inclusão, educação básica, modelagem 3D

REFERÊNCIAS

ANĐIĆ, Branko *et al.* Contribution of 3D modelling and printing to learning in primary schools: a case study with visually impaired students from an inclusive Biology classroom. *Journal of Biological Education*, v. 58, n. 4, p. 795–811, 7 ago. 2024.

BAMBU LAB. *Bambu Studio*. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://github.com/bambulab/BambuStudio/releases/download/v01.08.04.51/Bambu_Studio_win_public-v01.08.04.51-20240117164301.exe>. Acesso em: 26 set. 2026. , 2024

BLENDER FOUNDATION. *Blender 4.1*. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.blender.org>. , 2024

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília, DF: [s.n.], 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 26 set. 2026.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa De. *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DIAS, Maria Angélica Dornelles *et al.* EDUCAÇÃO E DIVERSIDADE: CONSTRUÇÃO DE UM AMBIENTE ESCOLAR INCLUSIVO. *ARACÊ*, v. 6, n. 3, p. 5326–5339, 8 nov. 2024.

EDYBURN, Dave L. Universal Usability and Universal Design for Learning. *Intervention in School and Clinic*, v. 56, n. 5, p. 310–315, 12 maio 2021.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 15ª Edição ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J.; ELMER, Rober. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, JOHN K.; BOULTER, CAROLYN J. (Org.). . *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2000. p. 3–17.

HEXANOMAD. *Nomad Sculpt 1.90*. . [S.l.]: App Store. Disponível em: <https://apps.apple.com/br/app/nomad-sculpt/id1519508653>. , 2024

JUSTI, Rosária S.; GILBERT, John K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369–387, abr. 2002.

KALOGERATOS, Gerasimos *et al.* Enhancing Creativity in the School Environment. A Narrative Examination. *Technium Education and Humanities*, v. 6, p. 84–97, 17 dez. 2023.

MCKENNEY, Susan; REEVES, Thomas. *Conducting Educational Design Research*. London: Routledge, 2012.

MICHELOTTI, Angela; LORETO, Elgion Lucio da Silva. Use of tattoous didactic models as methodology for the teaching of Cellular Biology in inclusive tours with visual disabilities. *Revista Contexto & Educação*, v. 34, n. 109, p. 150–169, 30 ago. 2019. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/8686>.

PANZERA-GONÇALVES, Júlio; OLIVEIRA, Cleida Aparecida. Citossina: A web-based application integrating virtual and augmented realities for inclusive Cell Biology education. *Anatomical Sciences Education*, v. 1, n. 1, p. 1–21, 26 jul. 2026.

PANZERA-GONÇALVES, Júlio; OLIVEIRA, Cleida Aparecida. Development, application, and evaluation of tools based on virtual and augmented realities for inclusive teaching and learning of cell membranes. *Anatomical Sciences Education*, v. 18, n. 5, p. 462–484, 26 maio 2025.

PLOMP, Tjeerd; NIEVEEN, Nienke. *An introduction to educational design research: Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (Pr china), November 23-26, 2007*. 3. ed. Enschede: SLO, 2010.

REINKE, Nicole B.; KYNN, Mary; PARKINSON, Ann L. Immersive 3D Experience of Osmosis Improves Learning Outcomes of First-Year Cell Biology Students. *CBE—Life Sciences Education*, v. 20, n. 1, p. ar1, mar. 2021. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.19-11-0254>.

RONCAGLIO, Vanina; CRISOSTIMO, Ana Lucia; STANGE, Carlos Eduardo Bittencourt. Construção de modelos didáticos em 3D: Um relato de experiência junto a alunos do ensino médio. *Ensino & Pesquisa*, v. 18, n. 3, p. 150–163, 25 nov. 2020.

VAN DEN AKKER, Jan *et al. Educational Design Research*. London: Routledge, 2006. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781134155651>.